
ECOLE DOCTORALE DES SCIENCES POUR L'INGENIEUR

Sujet de thèse : Analyse et modélisation de l'interaction réaction-mélange sur l'extrapolation des fermenteurs aérobie et anaérobie

Directeur de thèse : Jean-Pierre FONTAINE

Co-encadrants :

Laboratoire ou UR : Institut Pascal (GePEB) – UMR CNRS 6602

Université : Université Clermont Auvergne (UCA)

Email et téléphone : 04 73 40 75 33 - j-pierre.fontaine@uca.fr

Résumé :

Les fermenteurs et les bioréacteurs qui permettent de produire de la biomasse, des vecteurs énergétiques et différents produits sont très souvent des cuves agitées. Le but est de favoriser les réactions chimiques/biologiques qui permettent la production optimale des molécules d'intérêt. L'optimisation de ces procédés nécessite donc une bonne homogénéité du milieu de croissance/conversion tout en limitant la consommation énergétique de l'agitation mécanique. Ainsi le choix des conditions de fonctionnement du bioréacteur et son impact sur le mélange impliquent une bonne maîtrise de l'hydrodynamique et des transferts de chaleur et de matière associés de l'échelle locale à celle du réacteur. Ceci nécessite de définir convenablement la géométrie du fermenteur, ainsi que le type et les conditions de l'agitation. Aussi, les régimes hydrodynamiques régnant dans un tel fermenteur sont de nature complexe : tridimensionnelle, instationnaire, voire turbulente ; les milieux sont de type plutôt non-newtoniens et comprennent plusieurs phases (solide – microorganismes ou particules de substrat solide, liquide et gaz).

L'objectif de la thèse est de développer et de valider un outil permettant d'extrapoler les réacteurs gaz-liquide en englobant l'ensemble des phénomènes physiques couplés mis en jeu. La simulation numérique sera majoritairement employée pour cette étude, qui devra cependant développer quelques techniques expérimentales avancées de visualisation d'écoulement fluide pour valider les résultats numériques et aider au choix des divers modèles (turbulence) à mettre en œuvre. Ainsi les simulations numériques concerneront les équations de Navier-Stokes couplées avec les équations de transport de chaleur et matière. Les simulations devront prendre en compte les écoulements multiphasiques. Au niveau expérimental, les buts seront de : (i) finaliser le développement d'une méthode de trajectographie optique capable de mesurer le champ de vitesse lagrangien dans un bioréacteur en collaboration avec un autre axe de l'Institut Pascal (ISPR: Image, Systèmes de Perception, Robotique) et la mettre en œuvre pour analyser le comportement d'un microorganisme; (ii) utiliser une méthode de stéréo-PIV qui donne accès au champ 3D de vitesse eulérien ; (iii) évaluer la qualité du mélange et du transfert de matière dans des fermenteurs de tailles variables afin d'appréhender les effets d'échelle en milieux newtoniens et non-newtoniens avec un focus sur ces derniers.

Compétences requises par le candidat : Phénomènes de transport (mécanique des fluides, transfert de matière) – Simulation numérique – Génie biologique – Génie chimique